

# Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Prof. Dr. M. Helmert  
Dr. M. Wehrle, S. Sievers  
Frühjahrssemester 2015

Universität Basel  
Fachbereich Informatik

## Übungsblatt 11

**Abgabe: 26. Mai 2015**

*Aufgrund des Feiertags am 25. Mai verschiebt sich die Abgabe dieses Blattes auf Dienstag, den 26. Mai. Das Blatt wird in der letzten Übung am 29. Mai besprochen.*

### Aufgabe 11.1 (2+2 Punkte)

Betrachten Sie die STRIPS-Planungsaufgabe  $\Pi = \langle V, I, G, A \rangle$  mit  $V = \{a, b, c, d, e, f\}$ ,  $I = \{a, b\}$ ,  $G = \{e, f\}$ , und  $A = \{a_1, a_2, a_3\}$  mit  $cost(a_1) = 8$ ,  $cost(a_2) = 10$ , und  $cost(a_3) = 12$ . Hierbei sei  $a_1$  durch  $pre(a_1) = \{a\}$  und  $add(a_1) = \{c\}$  definiert,  $a_2$  durch  $pre(a_2) = \{b\}$  und  $add(a_2) = \{d\}$  definiert, sowie  $a_3$  durch  $pre(a_3) = \{c, d\}$  und  $add(a_3) = \{e, f\}$  definiert. Die Delete-Effekte seien bei allen drei Aktionen leer.

- (a) Berechnen Sie den relaxierten Planungsgraphen für  $\Pi$  bis zur Tiefe 3.
- (b) Berechnen Sie  $h^{\max}(I)$ ,  $h^{\text{add}}(I)$  und  $h^{\text{FF}}(I)$ . Geben Sie jeweils den Rechenweg an.

### Aufgabe 11.2 (1+1+1+2+3 Punkte)

Betrachten Sie die folgende Planungsaufgabe. Ein Agent hat die Aufgabe, einen Schatz zu heben. Hierzu muss er zunächst einen Schlüssel holen und mit diesem die entsprechende Schatztruhe aufschliessen. Das Problem sei in  $SAS^+$  formal folgendermassen durch  $\langle V, \text{dom}, I, G, A \rangle$  modelliert:

- Die Menge der Variablen sei  $V = \{location, key, treasure\}$  mit  $\text{dom}(location) = \{A, B, C\}$ ,  $\text{dom}(key) = \{\top, \perp\}$ , und  $\text{dom}(treasure) = \{\top, \perp\}$ .
- Der Anfangszustand sei  $I = \{location \mapsto B, key \mapsto \perp, treasure \mapsto \perp\}$ .
- Das Ziel sei  $G = \{key \mapsto \top, treasure \mapsto \top\}$ .
- Die Menge der Aktionen sei  $A = \{move_{A,B}, move_{B,A}, move_{B,C}, move_{C,B}, take, open\}$ . Hierbei sei  $pre(move_{A,B}) = \{location \mapsto A\}$  und  $eff(move_{A,B}) = \{location \mapsto B\}$  (analog für  $move_{B,A}$ ,  $move_{B,C}$  und  $move_{C,B}$ ). Alle  $move$ -Aktionen haben Kosten von 3. Weiterhin sei  $pre(take) = \{key \mapsto \perp, location \mapsto A\}$  und  $eff(take) = \{key \mapsto \top\}$ . Schliesslich sei  $pre(open) = \{key \mapsto \top, treasure \mapsto \perp, location \mapsto C\}$  und  $eff(open) = \{treasure \mapsto \top\}$ . Die Aktionen  $take$  und  $open$  haben Kosten von 1.

- (a) Geben Sie den Zustandsraum in Form eines Graphen an. Der Zustandsraum besteht aus 12 Zuständen, von denen nicht alle vom Anfangszustand erreichbar sind. Geben Sie für jeden Zustand die Belegung aller Variablen an. Markieren Sie weiterhin den Anfangszustand und die Zielzustände.
- (b) Projizieren Sie die gegebene Planungsaufgabe auf  $P = \{location, treasure\}$ , d.h. die Variable  $key$  wird nicht betrachtet. Geben Sie hierzu die durch  $P$  induzierte Abstraktion, also den abstrakten Zustandsraum, auf die gleiche Weise wie in Aufgabenteil (a) an.
- (c) Verwenden Sie die Abstraktion aus Teil (b) als Grundlage für eine Musterdatenbank-Heuristik. Geben Sie hierzu die (abstrakten) Distanzwerte für alle Zustände im abstrakten Zustandsraum an. Geben Sie weiterhin basierend auf dieser Musterdatenbank die resultierenden Heuristikwerte für alle (konkreten) Zustände aus Aufgabenteil (a) an.

- (d) Geben Sie für die Variablen *location*, *key* und *treasure* die entsprechenden atomaren Projektionen in Form eines Graphen an.
- (e) Berechnen Sie die Merge-and-Shrink-Heuristik für die gegebene Planungsaufgabe. Nehmen Sie an, dass Sie nur Abstraktionen mit einer Grösse bis zu  $K = 8$  Zuständen im Speicher halten können. Nehmen Sie weiterhin an, dass immer nur die *grössere* der beiden Abstraktionen  $S_1$  und  $S_2$ , die für den nächsten Merge-Schritt gewählt wurden, verkleinert werden soll. Verwenden Sie die folgenden Strategien:
- Merge-Strategie: Zunächst *location* und *key*, danach das Ergebnis davon und *treasure*.
  - Shrink-Strategie: Verschmelzen Sie Knoten mit gleicher Zieldistanz, wobei Sie Knoten mit kleinerer Zieldistanz zuerst verschmelzen.

Welcher Heuristikwert ergibt sich für den Anfangszustand? Vergleichen Sie mit dem entsprechenden Heuristikwert der Musterdatenbank aus Aufgabenteil (c).

*Die Übungsblätter dürfen in Gruppen von zwei Studierenden bearbeitet werden. Bitte schreiben Sie beide Namen auf Ihre Lösung.*